UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DAS

TONGEDÄCHTNISS.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DES DOCTORGRADES DER PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

UNIVERSITÄT LEIPZIG

VORGELEGT

VON

H. K. WOLFE.

MIT EINER TAFEL.

LEIPZIG

WILHELM ENGELMANN.

1886.

Separatabdruck aus Wundt's »Philosophischen Studien« Bd. III. 4.

Wenn Plato im Theaetet (197 C) das Gedächtniss mit einem Taubenschlage verglich, in welchem verschiedenartige Vögel aufbewahrt werden, die uns zwar gehören, dennoch aber, um brauchbar zu sein, gesucht und nochmals gefangen werden müssen, so hat er nur der gewöhnlichen Ansicht von der Natur des Gedächtnisses Ausdruck gegeben. Bis zum heutigen Tage wird von den meisten Menschen dasselbe einfach als eine Schatzkammer für alle Vorstellungen angesehen. Als Theorie zur Erklärung der Erscheinungen hat diese Ansicht aber kaum jemals gedient. Im Theaetet (191 D ff.) wird das Wesen des Gedächtnisses außerdem noch durch das Wirken eines Siegels auf Wachs veranschaulicht. Ob Plato sich diesen Vorgang als Erklärung oder als bloßes Bild dachte, mag dahingestellt sein. Ohne Zweifel wird man sich einer Erklärung auf diesem Wege eher nähern als durch die erste Annahme.

In der That hat sich jene Erklärung fähig erwiesen, einen langen Entwickelungsgang zu durchlaufen. Einen großen Schritt that man hier, als anstatt der Seele das Gehirn als Gedächtnissträger angenommen wurde, eine Annahme, welche namentlich auch von Descartes gemacht wurde. Seitdem ist man mehrfach bemüht gewesen, das Gedächtniss in verschiedenen Theilen des Nervensystems zu localisiren. Unter den jetzigen Psychologen findet man in dieser Beziehung ziemlich übereinstimmend die Annahme, dass bei den Re-

productionsprocessen dieselben centralen Elemente thätig seien wie bei den ursprünglichen Vorstellungen. Geht man aber näher auf die Frage ein, so hört die Uebereinstimmung auf. Wir können in dieser Beziehung zwei Hauptansichten unterscheiden. Die eine nimmt an, die Vorstellungen ließen Spuren zurück. Diese rein mechanische Theorie stützt sich zunächst auf die allgemeine Tendenz der Materie, die in ihr von außen her verursachten Veränderungen beizubehalten. Da man aber in der unorganischen Welt kein Bewusstsein und keine Reproduction beobachtet hat, glaubt man das Gedächtniss im eigentlichen Sinne als Function der organisirten Materie ansehen zu dürfen.[1]) Der Spurentheorie gegenüber steht eine psychophysische Erklärung der Thatsachen, die, wenngleich sie noch näher präcisirt werden könnte, doch den Vortheil besitzt, dass sie unser ganzes Wissen über die Erscheinungen ausdrückt, ohne physiologische oder teleologische Hypothesen aufzustellen. Nach dieser, hauptsächlich durch Wundt vertretenen Theorie[2]) bleiben nach den Vorstellungen nicht Spuren, sondern Dispositionen in der Nervensubstanz zurück. »Die Veränderungen, die sich dadurch (durch die Uebung) in den Organen vollziehen, haben wir uns aber offenbar als mehr oder weniger bleibende Molecularumlagerungen zu denken, welche von den Bewegungsvorgängen, die durch sie erleichtert werden, an sich ebenso verschieden sind, wie die Lagerung der Chlor- und Stickstoffatome in dem Chlorstickstoff verschieden ist von der explosiven Zersetzung, welche durch sie erleichtert wird«.[3]) Diese Ansicht schlägt also einen mittleren Weg ein, zwischen den Annahmen einerseits von fortexistirenden unbewussten Vorstellungen, welche als wissenschaftliche Bearbeitung der Idee einer Schatzkammer angesehen werden kann, und andrerseits von zurückgelassenen Spuren, welche einer entwickelten Wachs- und Siegeltheorie ähnlich ist. Die Dispositionen können eben so gut psychischer

1) Hering, »Ueber das Gedächtniss als eine allgemeine Function der Materie« 1876. Der Einwand Johannnes Huber's (»Das Gedächtniss« 1878 S. 28) »Weder die organische noch die unorganische Materie reproducirt frühere Eindrücke, sondern sie hält sie nur fest,« hat Geltung bloß in Beziehung auf die unorganische Materie. Bis jetzt liegt kein zwingender Beweis vor, dass die Reproductionen der lebenden Wesen nicht allein von der Organisation der Materie abhängig sind.

2) Eine eingehende Auseinandersetzung beider Theorien findet man bei Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie. 2. Aufl. II. S. 203 f. und 306 f.

3) Physiol. Psych. II, S. 204.

als physischer Natur sein, und in der That ist es höchst wahrscheinlich, dass sie beides zugleich sind.

Wenn die Theorie bei dieser Frage noch nicht zum Ziel gelangt ist, so besitzen wir dagegen eine außerordentlich reiche Sammlung von Beobachtungen über die Eigenschaften des Gedächtnisses. Die Leichtigkeit des Verfahrens und die anziehende Kraft zahlreicher Erscheinungen bringen es mit sich, dass fast Jedermann eine Anzahl Erzählungen und außergewöhnlicher Fälle über das Gedächtniss gesammelt hat, welche freilich zur Mythenbildung eben so geeignet sind wie zur Entwickelung einer Theorie des Gedächtnisses. Die Bearbeitung dieses Materials würde ohne Zweifel vieles wichtige ergeben; in seiner jetzigen Gestalt kann es als Bestätigung oder Widerlegung jeder Theorie dienen.

Vielleicht kann man hierin zugleich den Grund der Thatsache erblicken, dass sogar über die Bedeutung des Wortes Gedächtniss vielfach noch Uneinigkeit besteht. Mit diesem Wort bezeichnen wir allgemein »die Bedingungen der Erneuerung der Vorstellungen«. Die Reproduction und die Erinnerung können wir hiernach als active Aeußerungsformen des Gedächtnisses betrachten. Eine Aufbewahrung der Vorstellungen ohne jede Reproduction oder Erinnerung kennen wir aber nicht. Diese beiden Acte sind in der letzten Instanz offenbar nicht wesentlich verschieden. Man spricht von einer Reproduction, wenn man, von den Vorstellungen im Bewusstsein ausgehend, durch Association zu einer neuen einmal da gewesenen Vorstellung gelangt. Die Wiedererkennung einer Vorstellung als eine früher erlebte nennt man dagegen Erinnerung. Beim Lernen einer fremden Sprache nehmen wir zuerst die Wörter wahr, und dann erinnern wir uns an ihre Bedeutung. Später werden wir uns der Bedeutung sofort bewusst: die Association wird mechanisch.

Da das Gedächtniss die Voraussetzung des Bewusstseins ist, so dürfen wir annehmen, dass es sich gleichzeitig mit demselben entwickelt. Demnach können wir erwarten, die Erscheinungen des Gedächtnisses nicht viel complicirter als die der Empfindungen zu finden. Wenn dem aber so ist, so wird man gerade dieses Gebiet als eine Provinz der experimentellen Psychologie ansehen dürfen. Obgleich Wundt und Andere die Grenzgebiete dieser Provinz schon in Untersuchungen über Association, Zeitsinn u. s. w. betraten, so bleibt doch

Herrn Dr. Ebbinghaus[1]) das Verdienst, zuerst speciell die Erscheinungen des Gedächtnisses zum Gegenstand experimenteller Untersuchungen genommen zu haben. Dieser Forscher suchte die Aufgabe dadurch zu lösen, dass er Reihen sinnloser Silben auswendig lernte und nach einer gegebenen Zeit dieselben wieder lernte. Ein Maß der angewandten Arbeit gibt dann die Anzahl der Wiederholungen (bei constanter Geschwindigkeit), die zur selbständigen Reproduction erforderlich sind. Dadurch wird in erster Linie der Einfluss der Reihenlänge und der Zeit auf das Gedächtniss dargethan.

So verdienstlich diese Untersuchungen aber auch sind, so hat Ebbinghaus doch nicht den einfachsten Weg eingeschlagen. Er suchte seine Reproductionen so einfach als möglich zu machen. Deshalb wählte er sinnlose Silben, wodurch die höheren Associationen ausgeschlossen wurden. Allein, wie er selbst zugibt, bleibt noch ein sehr complicirter Gedächtnissträger zurück, nämlich die Verbindungen des Sprachmuskelsinnes, des Gehörs- und des Gesichtssinnes. Suchen wir den nächsten und deshalb einfachsten Weg, so ist vor allem zu fragen, welche von den beiden Arten der Reproduction die einfachste sei: die ohne äußeren Reiz, d. h. Reproduction im gewöhnlichen Sinne, oder die mittelst äußeren Reizes, d. h. der Erinnerung beim Wiederauftreten des nämlichen Eindrucks. Jeder weiß, dass früher erlebte Vorstellungen viel leichter wiedererkannt als reproducirt werden. Die meisten von uns verstehen mehr Wörter, als wir benützen können. Nach dem Lesen eines Buches sind wir nicht im Stande sehr viel zu reproduciren, beim zweiten Lesen aber erinnern wir uns fast an alle Einzelheiten.[2]) Man unterscheidet leicht 10 Mal so viele Farbentöne als man in der Phantasie sehen kann, und im Tongebiet findet sich derselbe Unterschied.

Das Verfahren bei der Methode der Wiedererkennung wird nun das folgende sein: Ein äußerer Reiz wirkt auf die Sinne ein; nach

---

1) Ueber das Gedächtniss; Untersuchungen zur experimentellen Psychologie, von Herm. Ebbinghaus, Privatdocenten der Philosophie an der Universität Berlin, 1885.

2) Ebbinghaus fand (S. 64), dass nach einmaligem Lesen bloß 8 Silben reproducirt werden könnten. Dieses Resultat stimmt mit den Versuchen von Dietze (Philos. Stud. II, S. 390) über den Umfang des Bewusstseins genau überein.

einer gegebenen Zeit wirkt entweder derselbe oder ein etwas verschiedener Reiz nochmals ein. Die Frage, ob der letztere identisch sei mit dem ersten oder nicht, ist jedenfalls ebenso scharf begrenzt als die einer möglichen oder unmöglichen Reproduction und im allgemeinen leichter als diese zu beantworten.

Da sich die Tonempfindungen für diese Methode am meisten zu eignen scheinen, so hat mir Herr Prof. Wundt die Untersuchung des Gedächtnisses für einfache Tonempfindungen nach derselben vorgeschlagen. Die Versuche, deren Ergebnisse ich jetzt zu beschreiben habe, wurden während des Jahres 1885 im hiesigen psychologischen Laboratorium ausgeführt. Dessen Director, Prof. Dr. Wundt, fühle ich mich für mannigfachen Rath und Förderung tief verpflichtet und spreche demselben, sowie den sämmtlichen theilnehmenden Herren hiermit meinen verbindlichsten Dank aus.

I. Versuche der ersten Periode.

Bei der vorliegenden Untersuchung scheint die Methode der richtigen und falschen Fälle am anwendbarsten zu sein. Da diese Methode Resultate liefert, deren Werthe in hohem Grade von der Anzahl der Versuche abhängig sind, und da Versuche über das Gedächtniss nothwendig sehr viele Zeit erfordern, habe ich mich bloß auf die Untersuchung eines Theils der hier in Frage kommenden Einflüsse beschränkt. Aus dem allgemeinen Problem des Gedächtnisses haben wir dasjenige des Tongedächtnisses ausgesondert. Dieses letztere ist aber auch schon ein sehr umfangreiches Gebiet. Folgende Einflüsse wird man a priori voraussetzen dürfen: Zunächst ist unser Gedächtniss irgendwie von der seit der Einwirkung des Reizes verflossenen Zeit abhängig. Sodann ist es wahrscheinlich auch einigermaßen von der Dauer und Intensität des Tones und endlich von einigen anderen nachher zu erwähnenden Bedingungen bestimmt. Zur Hauptaufgabe habe ich mir die Ermittelung des Zeiteinflusses gestellt und werde die anderen Momente nur beiläufig berücksichtigen.

Der von mir benützte Apparat besteht aus einer Serie von »Tonmessern« aus der Werkstatt des Herrn Appunn in Hanau. Die Töne werden durch das Schwingen metallener Zungen erzeugt. Zur Zeit

befinden sich im Besitz des Instituts fünf Octaven und zwar die zwischen 32 und 1024 Schwingungen in der Secunde. Die beinahe 300 Zungen sind so vertheilt, dass in den beiden tieferen Octaven zwischen je zwei ein Unterschied von genau 2 Schwingungen in der Secunde besteht, während bei den drei übrigen Octaven dieser Unterschied 4 Schwingungen beträgt. Die Zungen sind den Octaven nach in luftdichten, mit expansiven Decken versehenen Kästen befestigt, die mittelst eines Blasebalgs mit Luft erfüllt werden. Wird das einer Zunge entsprechende Ventil gezogen, so versetzt die ausströmende Luft augenblicklich die erstere in Schwingungen. Beim Schließen des Ventils hört der Ton momentan auf. Obgleich die auf diese Weise erzeugten Töne nicht so rein sind wie die von Stimmgabeln auf Resonanzkästen, so sind sie doch in anderen Beziehungen den letzteren vorzuziehen. Insbesondere ist eine constante Intensität leichter zu erreichen. Ebenso dürfen das An- und Abklingen ohne störende Nebengeräusche oder Veränderung der Tonfarbe als Vortheile dieses Instrumentes gelten.

An den ersten Versuchen betheiligten sich die Herren Thor aus Christiania, Papai aus Buda-Pest und Dr. v. Bechterew aus St. Petersburg. Das Instrument bediente ich. Die genannten Beobachter waren nach ihrer Angabe unmusikalisch, was mit Rücksicht auf die Allgemeingültigkeit der Resultate und die Einflüsse der Uebung als vortheilhaft angesehen werden dürfte. Doch sind Versuche an musikalisch Geübten der Vergleichung halber wünschenswerth, und solche wurden auch später angestellt. Die Intensität der Töne wurde möglichst constant erhalten. Die Dauer der einzelnen Töne, welche ebenfalls constant blieb, betrug eine Secunde. Zur Messung der Zeit diente ein Metronom, welches Secunden schlug; für Zeiten länger als 30 Secunden benutzte ich ein Chronometer mit Springsecunden, welches Fünftheile einer Secunde angibt. Die ziemlich lauten Tactschläge des Metronoms könnten vielleicht als störendes Element betrachtet werden, doch zeigte es sich, dass dies nicht der Fall war; wenigstens trat immer nach einigen Stunden Gewöhnung an das Geräusch ein. Vielleicht dienen im Gegentheil die Tactschläge als leichte, anstrengungslose Fixationspunkte der Aufmerksamkeit, welche das Abschweifen derselben verhindern. Außerdem machten es die rhythmischen Tacte des Metronoms besonders leicht, die Dauer der Töne genau zu contro-

liren, indem die nöthigen Bewegungen des Herausziehens und Hineinschiebens der Ventile sich nach diesem Rhythmus gliederten.

Die Versuche wurden in folgender Weise durchgeführt: Ein Ton wurde angegeben, und nach der voraus bestimmten Zeit wurde dann entweder derselbe Ton wiederholt oder ein anderer, etwas höherer oder tieferer angegeben. Die Zuhörer schrieben nun ihre Urtheile zunächst nach den zwei Rubriken: gleich (=) und verschieden (*v*) nieder. Waren die Töne ungleich, so konnte der zweite höher (*o*) oder tiefer (*u*) als der erste liegen, oder die Tonhöhe konnte zweifelhaft bleiben (*z*). Der Tonunterschied betrug 4, 8 oder 12 Schwingungen in der Secunde und blieb während einer Versuchsgruppe constant. Im Anfang wurden bloß fünf verschiedene Tonhöhen benützt, die ich mit Buchstaben bezeichne, nämlich $C = 496$ Schwingungen in der Secunde, $E = 408$, $G = 320$, $I = 232$, $L = 144$.

Der erste oder Normalton wurde nach Belieben um 4 Schwingungen höher oder tiefer genommen, damit das Gehör sich nicht zu sehr an bestimmte Töne gewöhnen sollte. Fünf einzelne Versuche mit constantem Zeitintervall bilden eine Reihe, welche von *C* bis *L*, oder umgekehrt, mit 10 Secunden zwischen den einzelnen Versuchen durchlaufen wurde. Die Urtheile wurden dann neben dem wirklichen Verhältniss notirt. Zehn oder mehr Reihen mit verschiedenen Zeitintervallen nenne ich eine Gruppe. Wir begannen entweder mit dem längsten Zeitintervalle oder mit dem kürzesten.

Die folgende Tabelle gibt die Summen der Ergebnisse der fünf Tongebiete *C*—*L* für 10 Zeitintervalle bei einem eventuellen Unterschied der zu vergleichenden Töne von 4 Schwingungen. Die beiden ersten horizontalen Reihen bei jedem Beobachter enthalten die richtigen (*r*) und falschen (*f*) Fälle, wenn die objectiven Töne verschieden waren; war der zweite Ton dem ersten gleich, so sind die richtigen und falschen Fälle in der dritten und vierten Reihe angegeben. Es folgen in fünfter Reihe die zweifelhaften Fälle, welche hauptsächlich den ungleichen Tönen zufallen; zuletzt die Summe derjenigen Schätzungen, bei welchen ein Unterschied der Töne, nicht aber die Richtung des Unterschieds bemerkt wurde (*v*).

Tabelle I.[1])

Zeit	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
B. 120 Versuche.										
o. u. = *r*	26	29	25	21	18	17	19	6	10	12
o. u. = *f*	31	25	31	32	30	39	32	40	45	37
r	54	55	50	52	49	49	46	39	32	36
f	2	0	5	2	2	3	4	9	8	12
z	1	5	4	5	5	3	6	11	13	7
v	6	6	5	8	16	9	13	15	12	16
P. 90 Versuche.										
o. u. = *r*	21	22	14	21	23	19	22	16	13	26
o. u. = *f*	26	26	33	27	24	28	25	32	35	22
r	39	39	39	36	34	27	28	16	25	18
f	3	3	2	5	6	13	14	24	17	23
z	1	0	0	0	0	0	1	2	0	1
v	0	0	2	1	3	3	0	0	0	0
T. 75 Versuche.										
o. u. = *r*	22	27	18	20	21	14	15	12	24	26
o. u. = *f*	16	10	20	17	18	22	20	25	16	14
r	33	35	32	32	31	25	25	22	16	10
f	2	0	2	3	3	9	7	12	19	24
z	0	0	1	0	1	2	3	2	0	1
v	2	3	2	3	1	3	5	2	0	0

Betrachten wir die Ergebnisse der Tabelle, so ist vor allem zu bemerken, dass die Beobachter die Gleichheitsfälle richtiger beurtheilen als die Ungleichheitsfälle. Deshalb sind die beiderlei Fälle von einander gesondert angegeben. Die *o* und *u* dagegen sind zusammengerechnet, weil sie ungefähr gleiche Schwierigkeit boten. Ziehen wir diese letzteren Fälle in Betracht, so bemerken wir zunächst sehr große individuelle Verschiedenheiten. *B.* hat bloß bei 2 Secunden

1) Die in Secunden angegebene Zeit wird vom Abklingen des ersten Tones bis zum Anklingen des zweiten gemessen.

mehr richtige als falsche Urtheile geliefert; *P.* bloß einmal bei 30 Secunden, während *T.* fast immer mehr richtig als falsch schätzte. Es leuchtet ohne weiteres ein, dass die Beobachter noch nicht im Stande waren, *o* und *u* bei 4 Schwingungen Unterschied mit einiger Sicherheit zu unterscheiden. Deshalb hat auch die Zeit zwischen den zu vergleichenden Tönen nur einen geringen Einfluss ausgeübt. Die Gleichheitsfälle zeigen ganz andere Resultate. Einen Unterschied zweier Töne bemerken alle Beobachter viel leichter als die relative Höhe derselben.

Der Zeiteinfluss kommt bei beiderlei Fällen deutlich zur Geltung. Die für die Gleicheitsfälle jetzt absolute Sicherheit bei 2 Secunden ist bei 30 Secunden ganz geschwunden. Bis 5 Secunden ist der Zeiteinfluss noch nicht sehr deutlich zu erkennen; bei 10 und 15 Secunden, die übrigens ungefähr gleich sind, findet aber eine beträchtliche Zunahme der falschen Fälle statt.

Ohne Zweifel beeinträchtigen die große Anzahl *z* und *v* die Resultate von *B.* Bei den anderen Beobachtern sind diese Symbole nur selten nöthig geworden. Nach den ersten Wochen pflegen die meisten fast immer ein bestimmtes Urtheil (=, *o*, *u*) abzugeben.

Tabelle II enthält die Ergebnisse der Versuche, die gleichzeitig mit den vorhergehenden und unter denselben Bedingungen gemacht wurden, aber mit einem objectiven Unterschied von 8 Schwingungen statt 4 und außerdem mit einigen längeren Zeitintervallen.

Tabelle II.

	B. 120 Versuche.										60 Versuche.		
Zeit	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	40	50	60
o. u. *r*	32	31	27	38	26	28	24	25	12	23	8	9	7
o. u. *f*	29	29	36	18	25	27	25	27	35	25	16	17	21
= *r*	55	55	55	54	53	49	46	44	36	36	11	17	16
= *f*	1	0	1	1	1	5	5	3	8	9	8	7	6
z	1	2	0	3	4	3	9	7	10	12	11	6	6
v	2	3	1	6	11	8	11	14	19	15	6	4	4

	P. 75 Versuche.										60 Versuche.		
Zeit	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	40	50	60
o. u. = *r*	26	25	23	25	28	23	23	25	22	18	17	11	16
o. u. = *f*	13	14	16	15	12	17	16	14	18	21	15	21	16
r	32	34	35	32	35	26	25	23	16	18	15	12	14
f	3	1	0	3	0	8	9	11	17	16	12	16	14
z	0	1	0	0	0	1	2	1	2	2	1	0	0
v	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	T. 90 Versuche.										30 Versuche.		
o. u. = *r*	35	32	34	40	36	26	28	30	28	29	10	5	9
o. u. = *f*	13	16	13	8	12	22	19	18	19	16	6	11	7
r	39	41	41	41	38	35	32	25	26	21	7	4	7
f	3	1	1	1	2	6	10	17	16	21	7	10	7
z	0	0	0	0	2	1	1	0	1	2	0	0	0
v	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0

B. ist noch nicht im Stande *o* und *u* zu unterscheiden. In der That hat derselbe nicht wesentlich genauer bei 8 Schwingungen als bei 4 geschätzt; auch bei Gleichheit kommen beinahe ebenso viele falsche Fälle vor; bloß bei kurzen Zeiten sind die zweifelhaften Fälle nicht so zahlreich. *P.* und *T.* dagegen zeigen größere Sicherheit, doch werden *o* und *u* auch bei den kleineren Intervallen oft verwechselt. Die Verdoppelung des Tonunterschiedes hat die Sicherheit der Urtheile bis zu 10 Secunden ziemlich vergrößert. Der Punkt aber, wo die *r* und *f* gleich werden, ist kaum mehr als 5 Secunden ferner gerückt. Die Vergleichung zweier verschiedener Töne scheint also weniger durch deren Zwischenzeit beeinflusst zu sein, als die Wiedererkennung desselben Tons.

Die Versuche bei den längeren Zeiten von 40, 50, 60 Secunden wurden nach der ersten Woche gleichzeitig mit den übrigen angestellt. Die kleinere Anzahl derselben beruht darauf, dass sie an einigen Tagen ausgelassen wurden. Sie sind also unter gleichen Graden der Uebung mit den anderen durchgeführt und dürfen mit denselben verglichen werden. Bei 40 Secunden haben *P.* und *T.* in den ungleichen Fällen einige Sicherheit behalten, vielleicht auch bei 60, obgleich die Anzahl der Versuche zu gering ist, um dies zu beweisen.

Wenn bei 50 Secunden die falschen die richtigen Fälle sehr überwiegen, so lässt sich daraus nicht etwa schließen, dass die günstigeren Zahlen bei 60 Secunden bloß vom Zufall herrühren. Denn es ist ja nicht unmöglich, dass unser Gedächtniss für Sinneseindrücke innerhalb gewisser Grenzen periodischer Natur sei.

Die Versuche der folgenden Tabelle wurden mehrere Wochen später angestellt, also nachdem die Zuhörer einige Uebung erlangt hatten. Der Tonunterschied betrug 12 Schwingungen in der Secunde. Die Methode blieb unverändert. Einige kleine Intervalle wurden ausgelassen und dafür mehrere längere gebraucht. Bei 12 Schwingungen hat *B.* leider keine Versuche mitgemacht. Die von mir (*W.*) herrührenden Versuche wurden unter störenden Umständen gemacht, außerdem aber auch mit einem höheren Grade der Uebung, da mir als bisherigem Experimentator das richtige Verhältniss der Töne mehr bekannt war.

Tabelle III.

	P. 60 Versuche.													
Zeit	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	105	120
r	22	20	18	18	19	15	20	15	14	15	15	10	11	13
f	8	10	12	12	11	15	10	15	16	15	15	20	19	17
r	27	28	24	22	21	22	18	18	17	15	16	16	19	14
f	3	2	6	8	9	8	12	12	13	15	14	14	11	16
	T. 60 Versuche.													
r	24	24	27	23	26	21	22	20	19	19	17	17	17	19
f	6	6	3	7	4	9	8	9	11	11	13	13	13	10
r	29	30	30	26	28	25	22	19	19	17	19	16	13	16
f	1	0	0	4	2	5	8	11	11	13	11	14	17	14
	U. 60 Versuche.													
r	26	27	26	23	27	22	27	20	24	17	18	15	16	16
f	4	3	4	7	3	8	3	10	6	13	12	15	14	14
r	30	30	30	29	27	28	28	27	25	20	25	23	22	20
f	0	0	0	1	3	2	2	3	5	10	4	7	8	10

Bei diesen Versuchen kamen bloß drei Fälle *z* oder *v* vor, die zugelassen worden sind. Betrachten wir zuerst die *o* und *u*, so scheint *P.* schon bei 40 Secunden die Sicherheit verloren zu haben, während *T.* noch bei 120 Secunden einen ziemlich hohen Grad derselben besitzt, und *W.* bloß bei 90 Secunden eine Gleichheit der richtigen und falschen Fälle liefert. Ein Einfluss der Zeit nach 50 ist bei *T.* kaum zu bemerken, obgleich *P.* und *W.* immer ungenauer zu schätzen scheinen. Dass *o* und *u* bei 12 Schwingungen, auch nach mehrwöchentlicher Einübung, bei den kleinen Intervallen verwechselt werden konnten, dürfte als unerwartet gelten. Man wusste zwar schon lange, dass es leichter sei, einen Unterschied zweier Töne zu bemerken, als deren relative Höhe zu bestimmen. Wir sehen aber, dass dies etwas Eigenartiges in sich schließt. Schon bei 4 Schwingungen unterscheidet man ohne Uebung = und *v* sehr genau, während man sich noch bei 12 Schwingungen nach beträchtlicher Uebung über das Höhenverhältniss täuscht. Eigenartig ist dies, weil beim Gesichtssinne kaum eine Spur solcher Verschiedenheit zu bemerken ist. Sobald man einen Unterschied zweier Farben beobachtet, ist man im Stande zu erklären, worin dieser besteht. Bei den Muskel-, Geruchs-, und Geschmacksempfindungen ist eine positive Differenz ohne Richtung desselben selten zu constatiren. Bloß bei den Tastempfindungen finden wir diese Erscheinungen, doch schwerlich so klar ausgeprägt, wie bei den Tönen. So hat man beobachtet, dass eine auf unserem Körper sich bewegende Spitze uns die Empfindung der Bewegung eher gibt, als die Richtung derselben. Dagegen bemerkt man die Richtung zweier Cirkelspitzen auf der Haut, ehe man dieselben als zwei empfindet. Der Temperatursinn zeigt, außer den extremsten Fällen, welche zu den Schmerzempfindungen gehören, ähnliche Vorgänge wie der Gesichtssinn. Dass durch die Uebung diese Eigenthümlichkeit fast völlig aufgehoben wird, werde ich später zeigen. Die Gleichheitsfälle zeigen bei den kürzeren Zeiten weniger falsche Urtheile; bei den längeren Intervallen finden sich größere individuelle Verschiedenheiten.

Tabelle IV.

B.

Zeit		2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	105	120
4	*o u*	53	40	33	38	24	23	30							
Schw.	=	99	91	91	87	77	71	74							
		[99	88	89	84	74	68	69]							
8	*o u*	51	50	50	50	48	32	48	38	38	30				
Schw.	=	99	96	89	87	87	75	74	55	67	67				
		[99	95	88	85	82	70	70	54	64	64]				

P.

4	*o u*	64	60	32	45	26	26	60							
Schw.	=	97	86	69	73	55	73	57							
8	*o u*	61	67	60	50	67	50	67	50	50	40				
Schw.	=	100	100	94	83	71	59	59	55	47	50				
12	*o u*	73	67	60	60	60	50	67	50	47	50	50	33	37	43
Schw.	=	90	93	80	73	67	73	60	60	57	50	47	50	63	47

T.

4	*o u*	61	57	56	48	48	56	61							
Schw.	=	100	95	82	86	55	50	48							
8	*o u*	73	84	58	65	62	65	50	65	38	57				
Schw.	=	92	96	92	88	63	67	63	54	42	58				
12	*o u*	80	83	90	77	73	70	73	67	63	63	57	57	57	53
Schw.	=	97	100	100	87	93	83	73	63	63	57	63	53	43	53

W.

4	*o u*	63	47	70	43	50	43	53							
Schw.	=	93	87	80	53	77	63	63							
8	*o u*	75	65	75	80	65	90	75	70	70	65				
Schw.	=	100	85	100	95	75	75	70	85	65	70				
12 Schw.	*o u*	87	90	87	77	90	73	90	67	80	57	63	50	53	53

Tabelle IV wird vorgeführt, um den Einfluss des objectiven Unterschiedes und der Zeit zwischen den Tönen zu veranschaulichen. Die Zahlen bezeichnen das Verhältniss der richtigen Fälle vermehrt um die Hälfte der zweifelhaften zu der gesammten Anzahl der Fälle in Procenten, also

$$\frac{r + \frac{z}{2}}{r + f + z}$$

Die mit v bezeichneten Fälle können nicht mit Sicherheit rubricirt werden. Dieselben kommen aber nur bei *B.* vor. Rechnet man sie sämmtlich zu den zweifelhaften, so ergeben sich unter = die nicht eingeklammerten Zahlen. Rechnet man sie zu den falschen, so erhält man die eingeklammerten Zahlen. Bei *P.* und *T.* ist bloß das letzte Drittel der früheren Versuche bei 4 und 8 Schwingungen benutzt. Dazu aber kam eine gleiche oder größere Anzahl neuerer Versuche, die gleichzeitig mit denen von 12 Schwingungen gemacht wurden.

Bei jedem Tonunterschied werden die Ergebnisse der ungleichen Töne zuerst angeführt, dann die der gleichen Töne. Ein Einfluss der Zeit ist in Bezug auf die Verwechselung von *o* und *u* hauptsächlich bei den Gleichheitsfällen zu beobachten.

Der arithmetische Zuwachs des objectiven Unterschieds scheint ungefähr einen geometrischen Zuwachs der Zwischenzeit zu erfordern, damit eine gleiche Unsicherheit entsteht. Die meisten Beobachter sind von der Zeit und dem Tonunterschied in gleicher Weise beeinflusst worden. Bei kleinen Zeiten ist der Tonunterschied der Hauptfactor, bei längeren aber scheinen beide ungefähr gleich wirksam zu sein.

Die Versuche, auf welchen die vorhergehenden Tabellen und Betrachtungen fußen, wurden im August geschlossen. Ich gehe jetzt zu der Besprechung einer zahlreicheren Gruppe von Versuchen über, die in den großen Ferien und im Wintersemester 1885/86 angestellt wurden.

II. Versuche der zweiten Periode.

Die jetzt zu beschreibenden Versuche wurden im Wesentlichen unter denselben Bedingungen wie die oben betrachteten ausgeführt. Doch wurde zum Theil noch eine dritte Octave benutzt, und die Ton-

gebiete der beiden anderen wurden vermehrt. Im Ganzen wurden so 11 verschiedene Tongebiete mit folgenden Normaltönen untersucht: A = 1004; B = 770; C = 496; D = 452; E = 408; F = 364; G = 320; H = 276; I = 232; K = 188; L = 144. In jedem Gebiet wurden etwa 10 Töne benutzt. In den einzelnen aber blieb der erste, der Normalton, während einer Gruppe constant. Der Bequemlichkeit wegen wurden zunächst die Versuche über die sechs Töne C—H durch alle Zeitintervalle hindurch gemacht, nachher die andern. Durch die Anwendung zahlreicher Normaltöne hoffte ich irgend einen Einfluss der absoluten Unterscheidung zu vermeiden. Wäre aber ein solcher Einfluss in geringem Grade eingetreten, so müssten vor allem die Versuche bei kurzen und langen Zeiten denselben aufzeigen, da die Gruppen wechselweise mit 1 Secunde oder 60 Secunden begannen. Ein constanter Einfluss ist jedoch nicht zu bemerken.

Mittelst einer einfachen Einrichtung konnte ich den Apparat bedienen und gleichzeitig zuhören, ohne dabei zu wissen, welcher Vergleichston dem ersten oder Normalton folgte. Natürlich wurde damit der zweite Ton dem Zufall überlassen. Die Verbindung des Experimentators und Beobachters wirkt ohne Zweifel stärkend auf die Aufmerksamkeit; denn erstens ist man immer aufmerksamer im activen als im passiven Zustande, und außerdem wird die ganze Kraft der Aufmerksamkeit in dem Moment angespannt, wo der Ton angegeben wird.

Am zahlreichsten sind die Versuche von mir (*W.*), sodann liegen von Herrn Lehmann (*L.*) eine beträchtliche Anzahl Versuche vor. Von den Herren Farny (*F.*) und Anders (*A.*) sind weniger Versuche vorhanden. Dem Grade der Uebung nach sind die Versuche von *W.* bei 4 Schwingungen in fünf Classen getheilt, diejenigen bei 8 Schwingungen in drei Classen. Dementsprechend sind die Versuche von *L.* in drei resp. zwei Classen angeführt. *L.* und *A.* sind musikalisch, *F.* und *W.* unmusikalisch. Bloß *W.* hatte früher solche oder ähnliche Versuche schon gemacht.

Ich lasse zunächst in Tabelle V die Versuche bei 4 Schwingungen folgen. Es kamen keine unbestimmten Urtheile vor. Die Resultate sind in drei dem objectiven Verhältniss entsprechenden Reihen angeführt. Die Zahlen sind auf das Hundert berechnet.

Tabelle V.

W.

Zeit		1	2	3	4	5	7	10	15	20	25	30	40	50	60
176	=	94	87	80	76	86	78	73	75	74	67	75	57	65	47
Ver-	*o*	89	78	87	82	61	69	57	65	62	58	55	58	32	47
suche	*u*	78	70	72	79	64	74	64	72	62	61	63	67	72	55
154	=	92	96	91	88	78	80	86	80	68	69	67	67	79	68
Ver-	*o*	85	83	82	77	84	80	68	62	67	68	67	74	64	48
suche	*u*	81	78	75	88	72	88	66	68	61	67	66	67	65	59
187	=	98	96	90	92	94	83	83	86	87	85	79	83	77	59
Ver-	*o*	95	98	86	89	79	84	86	91	72	75	83	74	75	57
suche	*u*	96	96	94	83	90	82	84	86	78	61	73	67	72	56
187	=	94	99	100	94	93	90	90	89	86	86	79	77	79	67
Ver-	*o*	94	98	93	96	94	95	91	94	89	91	88	77	71	70
suche	*u*	97	100	96	90	90	88	91	85	88	82	80	80	75	69
110	=	98	100	96	97	98	95	96	94	94	88	88	83	71	80
Ver-	*o*	100	100	96	93	97	96	93	93	88	83	88	94	70	60
suche	*u*	97	100	93	93	100	87	82	95	83	82	93	84	71	60

L.

110	=	98	98	96	97	100	94	89	77	75	81	72	66	59	68
Ver-	*o*	83	90	90	80	93	86	81	85	76	87	70	54	60	67
suche	*u*	80	92	85	88	80	75	67	58	67	64	54	68	48	25
121	=	98	100	98	99	96	100	95	88	90	85	82	83	70	66
Ver-	*o*	94	96	95	100	84	97	90	91	87	91	86	78	68	50
suche	*u*	95	92	96	94	87	94	88	82	79	83	78	61	69	54
66	=	100	100	98	97	100	100	90	89	85	89	79	63	85	87
Ver-	*o*	100	100	87	100	95	93	94	93	100	75	72	67	53	50
suche	*u*	100	100	100	100	85	86	90	86	78	92	86	50	58	65

F.

165	=	92	91	87	86	84	88	79	73	79	71	67	60	64	63
Ver-	*o*	84	80	77	81	69	74	81	68	68	61	67	76	64	63
suche	*u*	69	76	70	63	69	60	67	69	52	63	47	50	53	57

A.

88	=	78	86	86	80	81	81	68	71	73	67	65	59	64	50
Ver-	*o*	67	60	65	67	60	55	43	57	50	55	50	25	38	24
suche	*u*	60	68	60	50	55	63	65	65	81	54	46	43	52	48

Die Anzahl der Versuche ist für jedes Zeitintervall angegeben. In dem vierten Uebungsstadium hat *W.* 165 Versuche bei je 75 und 90 Sec. gemacht, ohne eine bedeutende Abnahme der Sicherheit zu zeigen. Bei 75 Sec. war die Procentzahl richtiger Fälle die folgende, = 69; *o* 68; *u* 70; bei 90 Sec. = 64; *o* 52; *u* 63. *A.* fand die Obertöne störend, und obgleich musikalisch und mit Tönen theoretisch und praktisch viel beschäftigt, war er nicht im Stande mit großer Sicherheit zu urtheilen. Die Reinheit eines Intervalls konnte *A.* sehr genau bestimmen, zu diesem Zwecke aber sang er die Töne nach. *F.*, obgleich unmusikalisch, scheint eine sehr bedeutende Empfindlichkeit für Tonqualitäten zu besitzen, welche außerordentlich wenig durch die Zwischenzeit beeinflusst wurde. *L.*, der am meisten mit kleinen Tondifferenzen bekannt ist (*L.* spielt die Violine), zeigt auch im Anfang die größte Sicherheit. Augenscheinlich aber war seine frühere Erfahrung bei den längeren Zeiten weniger maßgebend. Dafür ist die Uebung bei denselben deutlich erkennbar. Der Gang der Uebung, der am klarsten bei *W.* wegen der größeren Anzahl der Versuche hervortritt, ergibt sich zum Theil aus der obigen Tabelle, wird aber später in Tabelle XI anschaulicher dargestellt werden.

Ohne vorläufig auf die einzelnen Ergebnisse der mitgetheilten Tabelle einzugehen, gehe ich zunächst zu weiteren Versuchen über. Bei 8 Schwingungen liegen solche bloß von *L.* und *W.* vor. Einige Zeitintervalle waren ausgelassen. Die Versuche sind nicht so zahlreich als bei 4 Schw., und obgleich sie sich über den gleichen Zeitraum erstreckten, sind sie in weniger Abtheilungen angegeben.

Tabelle VI.

		W.										
Zeit		2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75
187 Versuche	=	98	93	90	88	82	84	84	77	70	75	
	o	82	85	71	83	81	77	73	79	73	67	
	u	93	77	80	83	84	73	80	81	64	76	
110 Versuche	=	96	89	87	87	89	85	83	67	72	83	
	o	100	100	97	94	91	95	90	82	74	77	
	u	96	90	89	94	88	86	78	77	78	84	

W.												
Zeit		2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75
99 Versuche	=	100	98	100	94	94	96	95	92	86	78	61
	o	100	100	100	94	100	100	92	100	100	86	53
	u	100	100	96	94	100	91	94	90	86	84	75
L.												
88 Versuche	=	93	100	97	94	87	85	83	75	73	71	53
	o	96	97	94	100	92	84	91	79	78	61	80
	u	95	95	82	80	88	77	83	95	62	78	63
77 Versuche	=	100	100	100	100	91	72	83	82	68	64	74
	o	100	100	100	96	100	82	96	87	75	55	40
	u	100	100	100	100	100	100	82	93	83	74	60

Die Wirkung des objectiven Tonunterschieds erkennt man aus der Vergleichung dieser mit der vorigen Tabelle. Vielleicht ist dieselbe bei geübten Beobachtern nicht so groß, als man hätte erwarten können. Mir scheint es kaum zweifelhaft, dass bei 8 Schw. die Aufmerksamkeit nicht so sehr angestrengt wird. Die richtigen Fälle sind bei 8 Schw. am meisten in den mittleren Zeitgebieten vermehrt worden. Die Vergleichung lehrt weiter, dass die Versuche bei 4 Schw. viel mehr geeignet sind den Verlauf des Vergessens zu zeigen, als die mit größeren Tondifferenzen. Um den Zeiteinfluss näher zu bestimmen, wollen wir daher von den Versuchen bei 4 Schw. ausgehen.

a) Der Einfluss der Zeit.

Die Treue des Gedächtnisses nimmt bekanntlich mit der Zeit ab. Wie schnell aber dies geschieht, ist bisher wenig untersucht worden. Die tägliche Erfahrung lässt uns vermuthen, dass das Vergessen zuerst schnell und dann immer langsamer erfolgt, also vielleicht nach einem dem logarithmischen nicht unähnlichen Gesetze. Auch die Versuche von Ebbinghaus[1]) für verhältnissmäßig lange Zeitperioden (20 Min. bis 31 Tage) bestätigen dies. Da derselbe aber die Versuche für bloß

1) Ebbinghaus, a. a. O. S. 85 ff.

sieben Perioden und eine Versuchsperson angibt, und die Resultate zweier der Perioden ziemlich große Abweichung vom Gesetz zeigen, so wird man nicht sehr geneigt sein, die Beweiskraft seiner Ergebnisse anzuerkennen. Auch meine Versuche sind nicht geeignet, dieses Problem ohne weiteres zu lösen. Wie schon erwähnt, übte die unerwartete Größe der subjectiven und individuellen Bedingungen einen störenden Einfluss aus. Es kommt dazu die ungeheuere Wirkung der Uebung. Trotzdem zeigen die Tabellen, dass die Zwischenzeit annähernd einen geometrischen Zuwachs erfahren muss, um gleiche Abnahmen des Behaltenen zu verursachen.

Es ist schon hervorgehoben worden, dass unmusikalische, ungeübte Beobachter nicht im Stande sind bei 4 Schw. Unterschied *o* und *u* richtig zu beurtheilen. Wenn es sich aber bloß um gleiche oder ungleiche Töne handelt, schätzen auch diese sehr genau. Die Wirkung der Zeit auf das Gedächtniss wird demnach bei ungeübten Personen am klarsten in den Gleichheitsfällen zu erkennen sein. Ich stelle daher in Tabelle VII die Procente der richtigen Fälle bei 4 Schw. von den fünf Beobachtern zusammen, wenn die objectiven Töne einander gleich waren. Nur bei *L.* und *W.* sind, weil bei ihnen weniger Verwechslungen vorkamen, die gesammten Versuche bei 4 Schw. benutzt worden.

Tabelle VII.

Zeit	1	2	3	4	5	7	10	15	20	25	30	40	50	60
W. 841 Versuche	93	92	89	88	86	84	82	82	78	75	76	74	71	61
L. 297 Versuche	95	97	95	95	93	93	88	83	82	83	75	68	64	62
F. ca. 80 Versuche	92	91	87	87	84	88	79	73	79	71	67	60	64	63
A. ca. 40 Versuche	78	86	86	80	81	81	68	71	73	67	65	59	64	50
B. 56 Versuche	96	99	90	94	88	—	89	84	74	68	69			
P. 57 Versuche	93	95	93	86	84	—	65	67	50	60	52			
T. 50 Versuche	94	100	93	93	90	—	75	77	59	48	35			

Die Ergebnisse dieser Tabelle wollen wir graphisch darstellen. Nehmen wir die Abscissen den Zeitintervallen und die Ordinaten den richtigen Fällen proportional, so erhalten wir durch Verbindung der Endpunkte der Ordinaten die auf Tafel V gezeichneten Figuren.

Man sieht, dass im Allgemeinen bei einem Zeitintervall von zwei Secunden zwischen den zu vergleichenden Tönen die Resultate genauer sind als bei kleineren Intervallen. Da man bekanntlich geneigt ist, kleine Zeiten zu überschätzen, so ist es möglich, dass man die Aufmerksamkeit nicht gerade in dem Augenblick anspannt, wo der Vergleichston ertönt. Dass *W.*, der durch seine eigene Bewegung die Töne hervorbringt, diese Erscheinung nicht zeigt, macht jene Erklärung wahrscheinlich. Vielleicht kommen dazu zwei andere Umstände. Es fragt sich nämlich, ob eine Secunde Zeit genug bietet, um die vollständigste Auffassung eines Tones zu gewinnen; und weiter, ob nicht ein störender Zustand des Gehörorgans vom ersten Ton her zurückbleibt. In dem ersten Falle wird der Normalton nicht völlig aufgefasst; im zweiten Falle wird der Vergleichston falsch gehört.

Von 2 Secunden an ist der Einfluss der Zeit sehr bedeutend bis zu 10—20 Sec. Eine eigenthümliche Erscheinung, welche an einer bestimmten Stelle in dieser Periode ohne Ausnahme und meistentheils äußerst klar zu Tage tritt, wird nachher genauer besprochen werden. Hier genügt es, darauf aufmerksam zu machen, dass dieselbe darin besteht, dass während eines kurzen Zeitintervalls der Gang des Vergessens verlangsamt oder selbst total aufgehoben zu sein scheint. Die Uebereinstimmung ist freilich nicht derart, dass dieses seltsame Phänomen bei jedem Beobachter genau zu demselben Zeitpunkt eintritt. Vielmehr ist dasselbe ohne Zweifel individuellen Verschiedenheiten unterworfen. Die Curven zeigen, dass der Höhepunkt für *B.* etwa zwischen 10 und 15 Sec. liegt, für *T.*, *P.* und *W.* ungefähr bei 15, für *A.* zwischen 15 und 20, für *F.* bei 20, und für *L.* zwischen 20 und 25 Sec.

Nach diesem Zeitpunkt nimmt das Vergessen nochmals schneller zu. Mit wachsender Zeit aber finden immer kleinere Aenderungen statt. Ob noch weitere Stellen vorübergehender Verlangsamung vorkommen, ist nicht leicht zu entscheiden. *B.* und *W.* zeigen vielleicht Spuren eines zweiten Punktes bei 30 Sec., *F.* und *A.* bei 50. Die kleineren Abweichungen von einem regelmäßigen Gange der Curven

verschwinden mit einer größeren Anzahl der Versuche. Ob sie alle verschwinden würden, weiß ich natürlich nicht zu sagen. Ueber 4000 Versuche bei *L.* und 12000 bei *W.* zeigen noch eine ziemlich deutliche Abweichung. Mir ist kaum zweifelhaft, dass mit constantem Tonunterschied diese Eigenthümlichkeit durch die Uebung aufgehoben würde, und zwar deshalb, weil die wachsende Sicherheit immer weniger von den constanten Ursachen der Abweichung abhängig wird.

Betrachten wir die Curven im Zusammenhang mit den Tabellen und suchen wir einen genaueren Ausdruck des Verhältnisses der Zeit zur Gedächtnissabnahme zu gewinnen, so werden wir denselben mit einiger Zuverlässigkeit bloß bei *L.* und besonders bei *W.* erwarten können, da die Anzahl der Versuche bloß bei diesen Beobachtern hinreichend groß ist. In keinem Fall aber werden wir, wegen der variabelen subjectiven Bedingungen, mehr als eine Approximation an einen gesetzmäßigen Gang vermuthen dürfen. Nicht ohne alles Interesse ist es dennoch, dass die Versuche bei *L.* und *W.* sich in einer einfachen mathematischen Formel ausdrücken lassen. Wenn r und f die richtigen und falschen Fälle bezeichnen, und k und c zwei Constante sind, so hat nämlich annähernd die folgende Formel Gültigkeit:

$$r = \frac{k\,f}{\log t} + c\,f \text{ [1]}$$

Setzen wir für *L.* $k = 12$, $c = -5.2$ und für *W.* $k = 4.43$, $c = 0$, so erhalten wir die folgenden Werthe für die verschiedenen Zeitintervalle, die ich neben den beobachteten Werthen in Tabelle VIII angebe. Um eine genauere Vergleichung zu ermöglichen, sind sämmtliche Werthe auf 1000 als Einheit berechnet.

---

1) Ebbinghaus stellt die folgende Formel auf für längere Zeiten und einen Beobachter:

$$\frac{\text{das Behaltene}}{\text{das Vergessene}} = \frac{k}{(\log t)^c},$$

worin die Relation auf der linken Seite dieselbe Bedeutung wie $\frac{r}{f}$ hat.

Tabelle VIII.

Zeit		1	2	3	4	5	7	10	15	20	25	30	40	50	60
L.	Versuch	946	966	946	953	926	928	879	832	818	832	751	680	643	616
	Berechnung		971	952	937	923	900	872	833	802	774	745	695	650	608
W.	Versuch	927	424	888	878	858	841	816	824	778	752	757	741	709	612
	Berechnung		935	901	879	863	839	815	789	772	759	749	734	720	712

Das Verhältniss der richtigen zu den falschen Fällen wird folgendes sein:

$$\frac{r}{f} = \frac{k}{\log t} + c,$$

d. h. die Quotienten der richtigen und falschen Fälle sind den Logarithmen der Zeitintervalle umgekehrt proportional.

Auf der linken Seite der Tafel V ist der nach der Formel berechnete Gang durch die unterbrochenen Linien veranschaulicht. Abgesehen von den schon erwähnten Abweichungen ist die Uebereinstimmung ziemlich genau. Die große Zunahme der falschen Fälle *W.*'s bei 60 Sec. ist nicht zu erklären. Versuche mit noch längeren Zeiten zeigen weniger Unsicherheit; wir dürfen also den Unterschied zwischen 50 und 60 Sec. bei *W.* als zu groß ansehen. Eine Wiederholung der Versuche würde vielleicht Curven zwischen diesen beiden ergeben. Die allgemeinen Formen der sieben Curven sind einander ähnlich.

b) Die größeren Abweichungen vom Gesetz.

Ich bin mir zwar bewusst, dass die vorliegenden Versuche nicht Material genug bieten, um ein universales Gesetz der Periodicität unseres Reproductionsvermögens aufzustellen. Wenn es überhaupt ein solches Gesetz gibt, so ist dasselbe jedenfalls zugleich von individuellen Bedingungen abhängig, ähnlich wie dies ja auch mit anderen bekannten periodischen Lebensvorgängen[1]), Schlaf, Athmungs- und

1) Wundt, Phys. Psych. II, S. 359.

Herzbewegungen der Fall ist. Zunächst ist hier an die Versuche Estels[1] und Mehners[2] über den Zeitsinn zu erinnern, welche ähnliche periodische Erscheinungen zeigten.

Gehen wir näher auf das Verfahren beim Vergleichen zweier durch einen Zeitraum getrennten Töne ein, so ist klar, dass ohne ein Erinnerungsbild des ersten Tons eine Vergleichung überhaupt unmöglich ist. Dieses Erinnerungsbild ist gewissermaßen der Maßstab, an welchem der zweite oder Vergleichston gemessen wird. Bliebe das Bild in unserer Erinnerung unverändert, so würde, wenn unsere Apperception dem Reize genau entspricht, der kleinste Unterschied immer bemerkt werden. Bekanntlich ist aber die Apperception weder unendlich scharf, noch wahrscheinlich vollkommen constant.

Ferner sind aber auch unsere Erinnerungsbilder viel schwächer als die ursprünglichen Empfindungen; und nach bekannten Beobachtungen scheinen uns starke Töne höher und schwache tiefer zu liegen, als sie wirklich sind. Demnach werden wir erwarten dürfen, dass = öfter *o* als *u* geschätzt und dass *o* öfter als *u* richtig beurtheilt, und endlich dass *u* häufiger für *o* als *o* für *u* gehalten wird. Alles dies wird durch die Versuche bestätigt. (Tabelle IX.)

Hierdurch ist nun aber die bei allen Versuchspersonen mindestens einmal auftretende Schwankung der Apperceptionsschärfe nicht erklärt. Diese Zu- und Abnahme ist zu groß, zu constant und zu regelmäßig, um als bloßer Zufall zu gelten. Zwei Erklärungen sind hier möglich. Entweder ist die Apperception zuweilen großen und regelmäßigen Schwankungen unterworfen, oder das Erinnerungsvermögen für kurz vorher empfundene Töne ist ein wechselndes.

Für das Auge hat man bekanntlich bei Nachbildern Schwankungen der Intensität beobachtet. Eine ähnliche Erscheinung ist neuerdings durch Urbantschitsch bei Gehörsempfindungen constatirt worden. Die maßgebenden Resultate seiner Untersuchung sind die folgenden[3]: 1) »Die Perceptionsfähigkeit des Nv. acusticus ist für Schallquellen von sehr geringer Intensität eine ungleichmäßige und kann bei fortdauernder Einwirkung derselben vorübergehend selbst

---

1) Phil. Stud. Bd. II, Hft. 1.
2) Phil. Stud. Bd. II, Hft. 4.
3) Centralblatt für med. Wiss. 1885, S. 626 ff.

ganz verloren gehen«. 2) »Die Respirationsbewegungen und die Pulsation üben auf diese Gehörsphänomene nicht den mindesten Einfluss aus«. U. sieht den Grund dieser Erscheinung in der Ermüdung des Nv. acusticus, die er als eine periodische Function der Zeit voraussetzt. Durch diese Ermüdungsversuche ist U. dann zu der Beobachtung akustischer Nachempfindungen [1]) geführt worden, die »den positiven optischen Nachbildern vollkommen entsprechen«. Diese sind also weder bloße subjective Illusionen, noch psychische Erinnerungsbilder, sondern haben ihren Ursprung wahrscheinlich im Sinnesorgane selbst. Jedenfalls sind dieselben ebenso objectiv wie die Nachbilder des Auges und bieten mancherlei ähnliche Erscheinungen dar. Sie dürfen nicht mit dem unmittelbaren Fortdauern oder Nachklingen der Töne verwechselt werden. Denn sie erscheinen erst eine kurze Zeit nach Aufhören des Reizes, dauern wenige Secunden, verschwinden dann allmählich und gelangen hierauf wieder zum Bewusstsein. »Die erste Nachempfindung tritt gewöhnlich innerhalb der ersten 15 Secunden nach dem Aufhören des erregenden Tones hervor, worauf nach weiteren 10—20 Secunden ein zweites Nachbild zu erscheinen pflegt.« Durchschnittlich erscheinen 2—3 Nachempfindungen, jedoch in der Anzahl sowie in der Zeit derselben sind die persönlichen Unterschiede ziemlich bedeutend. Ob jeder im Stande ist, solche Nachbilder in sich wahrzunehmen, soll nicht gesagt sein. Es genügt hervorzuheben, dass wie beim Auge die Leichtigkeit des Verfahrens durch die Uebung im hohen Grade gesteigert wird. Uns interessirt hier in erster Linie bloß die Thatsache, dass eine periodische Tendenz zur Erneuerung einer Tonempfindung eine Zeit lang nach dem Aufhören des Reizes fortexistirt. Es unterliegt keinem Zweifel, dass diese Tendenz unseres Sinnesorgans auch stärkend auf die Erinnerung einwirken muss. Wenn daher der Höhepunkt dieser Tendenz und der zweite oder Vergleichston annähernd zusammenfallen, so werden wir mit größerer Sicherheit urtheilen können, als wenn die entgegengesetzte Phase mit dem Vergleichston zusammentrifft.

So wahrscheinlich die soeben entwickelte Hypothese aber auch erscheinen mag, so stimmen doch die Erscheinungen nicht völlig mit

---

1) Pflügers Arch. 1881, Bd. 24. S. 596 ff.

derselben überein. Die Nachbilder der Töne sind nach Urbantschitsch bei erkranktem Gehörorgan am leichtesten nachzuweisen. Sie sind qualitativ nicht immer dem Erregungston gleich. (Vielleicht ist dieser letzte Umstand gerade durch die Krankheit zu erklären.) Ferner sind bei ihnen die Componenten eines Klanges besonders leicht zu unterscheiden. Trotz dieser Einwände darf man die Nachempfindungen als eine mögliche Erklärung des schwankenden Zeiteinflusses auf das Tongedächtniss nicht unberücksichtigt lassen. Es braucht kaum gesagt zu werden, dass wir uns niemals solcher Nachempfindungen bewusst waren, obgleich auch das subjective Gefühl der Sicherheit große Schwankungen zeigte. Doch ergab sich die Erscheinung einer periodischen Veränderung unserer Erinnerungsbilder erst aus der Untersuchung selbst.

Schon von jeher hat man die Treue des Gedächtnisses der Klarheit der Vorstellungen oder der Aufmerksamkeit, mit welcher die ursprünglichen Eindrücke appercipirt wurden, proportional gesetzt. Zwar ist nicht anzunehmen, dass die Aufmerksamkeit beim Normalton immer die nämliche ist, doch werden bei einer großen Anzahl von Versuchen die Schwankungen sich compensiren. In keinem Falle (sehr kleine Intervalle ausgenommen) übt die Zeit zwischen den beiden Tönen einen Einfluss auf die Apperception des ersten Tones aus. Suchen wir nun diesen ersten Ton im Gedächtniss zu behalten, so ist wahrscheinlich der Grad der Aufmerksamkeit ein Maß der Deutlichkeit des Erinnerungsbildes. Denn die Aufmerksamkeit kann in diesem Falle nur in einer wiederholten Reproduction der Vorstellung oder in einem continuirlichen Versuch den Ton wieder zu empfinden bestehen [1]). In diesem Fall ist ein Bild des ersten Tones schon im Bewusstsein in dem Augenblicke, wo der zweite Ton in dasselbe eintritt. Es ist aber bekanntlich nicht nöthig ein bleibendes Bild im Bewusstsein zu behalten, um eine Vergleichung zu vollziehen. Selbst wenn keine bewusste Spur des ersten Tones zurückbleibt, ist ein Urtheil oft möglich, indem der zweite Ton sofort ein Bild des ersten hervorruft. Damit ist nun nicht gesagt, dass die Aufmerksamkeit nicht auch hier thätig gewesen wäre. Aber die willkürliche Aufmerk-

---

1) Vgl. Wundt, Phys. Psych. II, S. 205 ff., sowie auch G. E. Müller, »Zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit«.

samkeit ist passiv geworden, oder durch andere Gegenstände abgezogen. Jedoch dürfen wir bei diesen Versuchen annehmen, dass man, wenigstens in den meisten Fällen, einen gewissen Grad willkürlicher Aufmerksamkeit anwendet, um die Erinnerungsbilder zu bewahren. Die Anstrengung, mit welcher wir die Erinnerung unterstützen, wird daher ein Hauptfactor des Vergleichungsprocesses sein, und es werden demgemäß auch die beobachteten zeitlichen Schwankungen wohl auf Schwankungen in der Spannung der Aufmerksamkeit zurückzuführen sein.

Dass wir nicht im Stande sind, einen Gegenstand Stunden lang gleichmäßig zu betrachten, ist bekannt, und es ist daher begreiflich, dass uns »vielleicht keine einzige Reproduction das früher Erlebte ohne jede Veränderung« liefert (Wundt, Phys. Psych. II S. 320). »Ich bin, sagt Fechner, nicht im Stande, selbst das geläufigste Erinnerungsbild auch nur kurze Zeit stetig festzuhalten, sondern muss es, um es länger zu betrachten, immer von Neuem wiedererzeugen.« (Fechner, Psychophysik II S. 471.) »Beim Versuche, Erinnerungsbilder festzuhalten, entschwinden sie periodisch, oder wie ich mich lieber ausdrücken möchte, werden periodisch zu einem bloßen Gedankendinge.« (Fechner, Psychophysik II S. 479, von A. W. Volkmann redend.) Fechner spricht hier zwar von Gesichtsvorstellungen. Meine Versuche und Beobachtungen scheinen nun aber einen ähnlichen Fall beim Gehörssinn zu constatiren.

Natürlich wird man nicht behaupten, diese periodischen Veränderungen der Klarheit erfolgten immer nach dem nämlichen zeitlichen Gesetze. Höchstens wird man eine Tendenz zum Anwachsen und Sinken der Deutlichkeit der Erinnerungsbilder annehmen dürfen, wobei diese Phasen durchschnittlich bei derselben Person und bei der gleichen Anstrengung der Aufmerksamkeit annähernd constant sind. Ist nun unsere Voraussetzung stichhaltig, dass die Klarheit der Erinnerung von der Aufmerksamkeit abhängig ist, so werden wir zu der Annahme gezwungen, die Aufmerksamkeit selbst sei von einem periodischen Gesetze beherrscht.

Man könnte versucht sein, die Erscheinung durch Ermüdung erklären zu wollen. Es könnte sich aber natürlich in diesem Falle nicht etwa um eine Ermüdung des Sinnesorgans handeln, da das Bewusst-

sein jedenfalls nur schwach auf dieses Organ einwirken wird. Man müsste also die Ursache vielmehr in der Ermüdung des Apperceptionsorgans sehen. Eine Erholung dieses Organs während seiner Anstrengung scheint uns aber eben so unmöglich, wie die Erholung eines Sinnesnerven während der Einwirkung eines äußeren Reizes. Auch in Verbindung mit dem periodischen Gang der Muskelermüdung wird man die Erscheinung schwerlich bringen können. Eher könnte man sich vielleicht den Thatbestand in der Weise denken, dass nach einer Zeit der Concentration der Aufmerksamkeit die Stärke der Association und die Ermüdung des Centralorgans zusammenwirken, um ein Sinken der Aufmerksamkeit hervorzubringen, worauf dann die letztere sich wieder hebt. Fechner hat schon bemerkt, dass er nicht im Stande ist, dasselbe Erinnerungsbild oftmals successiv zu erzeugen; nachdem aber ein anderes Bild vorgestellt wird, kann er das erste leicht hervorbringen.

Ohne zu großes Gewicht auf die oben gegebenen Erklärungsversuche zu legen, möchte ich die Thatsache betonen, dass unsere Aufmerksamkeit jedenfalls eine schwankende Function ist. Dazu kommt ferner als wahrscheinliche Bedingung, dass die Perioden derselben um so kürzer werden, je einfacher der Gegenstand, und je angestrengter die Aufmerksamkeit selbst ist. Es ist schon erwähnt worden, dass bei 8 Schwingungen die Aufmerksamkeit weniger angestrengt wurde. Hier sind denn auch die Perioden länger, und bei 12 Schw. noch länger als bei 8 Schw.

c) Die Abhängigkeit von der Tonhöhe.

Bis jetzt haben wir auf die Tonhöhe keine Rücksicht genommen, sondern die Ergebnisse bloß in Bezug auf den Einfluss der Zeit betrachtet. Es wird sich jedoch lohnen, auch die Resultate mit Bezug auf die einzelnen Tongebiete in Betracht zu ziehen. Der absolute objective Unterschied der beiden zu vergleichenden Töne blieb constant, 4, 8 oder 12 Schwingungen in der Secunde. Der relative Unterschied der beiden Töne im Gebiet L ist aber ungefähr 7mal so groß als im Gebiet A. Die Empfindlichkeit scheint nun weder constant mit demselben absoluten Unterschiede zu bleiben, noch gleichmäßig mit dem relativen Unterschiede zu steigen. Außerdem sind die Schwankungen viel größer, als man erwartet.

Tabelle IX gibt eine übersichtliche Darstellung der gesammten Versuche bei 4, Tabelle X dergleichen bei 8 Schwingungen. Die Zahlen sind auf 1000 als Einheit berechnet. Auf jedes Tongebiet kommen drei horizontale und drei verticale Columnen. Die ersteren enthalten das Verhältniss der objectiven Töne. Die letzteren zeigen, wie die Töne geschätzt wurden. *W.* hat also z. B. im Gebiet A 1000 gleiche Töne 677mal richtig geschätzt; 140mal hielt er den zweiten Ton für höher (*o*) und 183mal für tiefer (*u*) u. s. w. Die Anzahl der Versuche bei jedem Tongebiet ist für jeden der Beobachter in der obersten Horizontalreihe angegeben.

(Siehe Tabelle IX u. X S. 29 u. 30.)

Innerhalb der drei Octaven findet eine ziemlich große Zunahme der Unterschiedsempfindlichkeit statt. Das Verhältniss der richtigen zu den falschen Fällen wächst mit dem relativen Unterschied nicht unbedeutend. Die größten Abweichungen von einem constanten Verlauf sind in den Gebieten D, E und F zu finden und scheinen hauptsächlich von den ungleichen Tönen herzustammen, d. h. man schätzt ungleiche Töne öfter gleich. Dieses Resultat darf als unerwartet gelten, da man gerade diesem mittleren Tongebiete die größte Empfindlichkeit zuertheilt hat. So fand Preyer[1]), dass »die kleinste überhaupt erkennbare Differenz von $^1/_3$ Schwingung nur in der Gegend des a^{I} und c^{II} (512) sicher erkannt wird.« Als mögliche Ursache nennt derselbe die Uebereinstimmung dieses Gebietes mit der Höhe der menschlichen Stimme. Unsere Tabellen zeigen, dass von C bis F die Empfindlichkeit für diese Töne annähernd constant ist; dieselbe aber ist viel geringer als für tiefere Töne. Diese Constanz ist vielleicht dadurch erklärlich, dass wir an diese Höhe mehr gewöhnt sind. Da aber die von mir angewandte Methode zur Aufstellung von Gesetzen über diese Frage nicht geeignet ist, so genüge es darauf aufmerksam zu machen, dass das Tongedächtniss nicht allzu langsam mit der Tonhöhe abnimmt. In dieser Beziehung stimmen die sieben Beobachter überein. Die Zeit zwischen den beiden zu vergleichenden Tönen übt keinen großen Einfluss aus. Der Unterschied von 4 Schwingungen im Gebiet L scheint uns auch unmittelbar größer zu sein als im Gebiet A.

---

1) Ueber die Grenzen der Tonwahrnehmungen S. 33.

Tabelle IX.

		W. 1006 Vers.			*L.* 378 Vers.			*F.* 210 Vers.			*A.* 112 Vers.			*B.* 220 Vers.			*P.* 177 Vers.			*T.* 145 Vers.		
		=	*o*	*u*	=	*o*	*u*	=	*o*	*u*	=	*o*	*u*	=	*o*	*u*	=	*o*	*u*	=	*o*	*u*
A	=	677	140	183	794	101	95	800	188	12	678	254	68									
	o	243	693	64	372	606	22	509	491	0	273	591	136									
	u	223	35	742	319	22	659	484	339	177	387	258	355									
B	=	796	112	92	923	16	61	842	147	11	717	196	86									
	o	183	759	58	319	649	32	281	684	35	576	242	182									
	u	235	64	701	418	0	582	621	138	241	364	121	515									
C	=	803	85	112	892	81	27	835	153	12	775	143	82	948	30	21	727	234	39	923	61	16
	o	226	717	57	143	847	10	113	887	0	348	609	43	657	313	30	389	481	130	429	524	47
	u	184	33	783	305	21	674	603	206	191	440	280	280	644	288	68	542	375	83	526	316	158
D	=	828	119	53	881	32	87	874	107	19	731	154	115									
	o	338	625	37	318	673	9	317	633	50	227	546	227									
	u	289	68	643	198	11	791	362	149	489	368	106	526									
E	=	825	107	68	856	105	39	677	232	91	689	133	178	909	23	68	754	156	100	720	140	140
	o	166	804	30	189	790	21	160	760	80	242	455	303	511	378	111	609	283	108	359	333	308
	u	272	56	672	255	0	745	147	197	656	235	147	618	610	203	187	537	222	241	415	219	366
F	=	806	101	93	897	65	38	824	88	88	814	47	139									
	o	194	737	69	175	814	11	210	613	177	343	343	314									
	u	143	139	718	312	21	667	245	88	667	382	88	530									
G	=	792	121	87	867	83	50	618	191	191	553	192	255	954	37	9	762	158	80	740	123	137
	o	126	794	80	84	897	19	186	661	153	194	645	161	261	457	282	293	512	195	61	848	91
	u	113	53	834	145	11	844	119	60	821	147	177	676	440	300	260	319	362	319	306	444	250
H	=	887	63	50	849	119	32	739	152	109	580	160	260									
	o	113	858	29	41	959	0	73	709	218	200	500	300									
	u	126	33	841	138	21	841	127	48	825	187	187	626									
I	=	945	24	31	878	105	17	727	61	212	756	67	177	889	50	511	798	71	131	662	15	323
	o	132	860	8	56	934	10	113	755	132	234	633	133	264	245	491	294	294	416	54	487	459
	u	131	15	854	70	60	870	86	104	810	81	189	730	404	85	61	292	104	604	75	50	875
K	=	933	17	50	845	111	44	753	72	175	736	57	207									
	o	58	919	23	43	957	0	18	926	56	87	652	261									
	u	67	34	899	95	19	886	51	51	898	250	56	694									
L	=	915	47	38	935	36	29	826	35	139	825	17	158	865	45	90	663	116	221	778	56	166
	o	11	953	36	10	980	10	50	833	117	74	519	407	127	509	364	85	553	362	26	711	263
	u	27	11	962	75	0	925	62	0	938	71	71	858	196	108	696	119	214	667	88	147	765
Mittel	=	837	85	78	874	78	48	774	131	95	714	130	156	913	37	50	740	146	114	763	79	158
	o	162	793	45	157	830	13	184	723	93	263	508	220	377	374	249	335	424	241	196	571	233
	u	165	49	786	209	17	774	261	124	615	281	135	584	468	200	332	372	255	373	286	233	481

Tabelle X.

		W. 369 Vers.			*L.* 160 Vers.			*B.* 220 Vers.			*P.* 185 Vers.			*T.* 190 Vers.		
		=	*o*	*u*	=	*o*	*u*	=	*o*	*u*	=	*o*	*u*	=	*o*	*u*
A	=	684	90	226	868	40	92									
	o	151	802	47	147	805	48									
	u	143	71	786	232	47	721									
B	=	783	83	134	896	26	78									
	o	229	752	19	326	653	21									
	u	121	47	832	146	30	824									
C	=	792	96	112	901	37	62	943	48	9	729	224	47	828	149	23
	o	206	774	20	104	896	0	333	637	30	204	685	111	197	803	0
	u	90	11	899	64	0	936	566	377	57	404	319	277	262	357	381
D	=	842	106	52	814	86	100									
	o	194	776	30	125	786	89									
	u	389	63	548	57	57	886									
E	=	892	54	54	880	80	40	850	60	90	819	72	109	791	77	132
	o	95	885	20	77	923	0	254	571	176	229	604	167	154	558	288
	u	141	47	812	109	65	826	360	320	320	460	240	300	129	315	556
F	=	849	95	56	838	132	30									
	o	88	877	35	40	940	20									
	u	115	177	708	146	49	805									
G	=	835	53	112	844	78	78	950	30	20	729	165	106	747	165	88
	o	34	875	91	74	852	74	231	538	231	104	709	187	143	796	61
	u	53	22	925	140	0	860	117	471	412	176	471	353	74	593	333
H	=	916	36	48	778	139	83									
	o	118	836	46	0	906	94									
	u	97	22	881	56	0	944									
I	=	969	13	18	732	170	98	870	20	110	663	81	256	758	11	231
	o	100	873	27	58	942	0	135	255	610	87	609	304	21	709	270
	u	33	11	956	0	108	892	96	212	692	131	131	736	53	123	824
K	=	933	12	55	789	155	56									
	o	0	980	20	60	880	60									
	u	29	67	904	77	25	898									
L	=	933	28	39	903	69	28	908	46	46	777	47	176	781	136	83
	o	12	964	24	81	919	0	115	590	295	89	756	155	84	832	84
	u	19	9	972	59	20	921	218	146	636	173	116	711	56	166	778
Mittel	=	855	61	84	842	90	68	901	45	54	778	76	146	781	107	112
	o	113	854	33	99	863	38	216	522	262	131	683	186	116	738	146
	u	107	51	842	101	37	862	272	303	425	265	253	482	127	299	577

Wenn der Unterschied der Töne sehr klein ist, so bemerkt man denselben viel leichter als deren Höhenverhältniss. Ungeübte unmusikalische Zuhörer scheinen keinen Maßstab des Verhältnisses zweier noch sehr gut unterscheidbarer Töne zu besitzen. Musikalische Beobachter dagegen glauben ein ganz bestimmtes Urtheil abgeben zu können und sind oft sehr erstaunt zu erfahren, dass dasselbe nicht selten falsch ist. Klavierspieler schätzen meistens bei diesen Versuchen nicht viel genauer als ganz unmusikalische Personen. Selbst *L.*, der die Violine spielt, hat im Anfang *o* und *u* häufig verwechselt. Der große Einfluss der Uebung wird später berücksichtigt werden. Ehe ich auf die eigenthümlichen Schwankungen aufmerksam mache, ist ein Umstand noch in Betracht zu ziehen, welcher unserer Erwartung widerspricht und auch mit den Beobachtungen Anderer nicht in Einklang steht. Einen Unterschied der Töne glauben wir nicht bloß dann zu bemerken, wenn ein solcher vorhanden ist, sondern häufig auch, wenn die Töne gleich sind. Bei den kleineren Zeitintervallen kommt dieser Fall freilich seltener vor.

Ich möchte nicht behaupten, dass eine größere Sorgfalt richtig zu urtheilen hierbei auf unser Gedächtniss eingewirkt hat. Eher ist vielleicht die Erklärung darin zu suchen, dass erstens der zweite Ton unter veränderten Bedingungen einwirkt, und dass zweitens das Erinnerungsbild durch physische Vorgänge verändert wird.

Es erübrigt noch die Unregelmäßigkeiten der vorhergehenden Tabellen zu erwähnen. So interessant diese auch sind, ebenso unerklärlich scheinen sie zu sein. *L.*, der *o* und *u* am seltensten verwechselte, hat doch im Gebiete I *u* 4-mal so oft *o* geschätzt als *W.* und 3-mal so oft als er selbst in irgend einem anderen Gebiete. W. hat im Gebiete F 9-mal so oft denselben Fehler gemacht, als in I. In G hat *W.* 4-mal so oft *u* für *o* geschätzt als *L.* Einigen Gebieten scheinen die Gleichheitsurtheile überwigend zuzufallen, so z. B. den höheren Gegenden und D und F. Im Allgemeinen sind diese Eigenthümlichkeiten durch persönliche Neigungen beherrscht. Einige Töne scheinen besonders schwer für den Einen und leichter für den Andern zu sein. Noch nach mehreren Monaten täglicher Einübung vermag ich *u* bei C, D und E nicht leicht zu bemerken, und bin oft geneigt bei F *u* als *o* zu schätzen. Derselbe Beobachter schätzt außerdem zu verschiedenen Zeiten sehr ungleichmäßig. Ohne einen veränderten Zu-

stand meiner Gesundheit zu bemerken, habe ich zweimal so viele Fehler an einem Tage, als an dem vorhergehenden oder nachfolgenden gemacht. Auch zu verschiedenen Tageszeiten, ja innerhalb derselben Stunde habe ich diese Veränderung in der Genauigkeit des Schätzens und in der Treue des Gedächtnisses beobachtet.

Die ungeübten und unmusikalischen Beobachter zeigen ebenfalls einige Eigenthümlichkeiten. Bei den höheren Tönen schätzen alle ohne Ausnahme *o* besser als *u*; = öfter *o* als *u*; *u* öfter für *o*, als *o* für *u*; und bei den tieferen Tönen gerade umgekehrt. Relativ hohe Töne werden also zu hoch, relativ tiefe Töne zu tief geschätzt. Diese weniger ausgeprägte Tendenz ist bloß in den ersten Versuchen bei *L.* und *W.* zu bemerken. Später schien eine Art unbewusster Tendenz zur Vermeidung dieses Fehlers einzutreten, indem die Versuche die umgekehrten Resultate zeigten. Durch die Uebung werden solche Eigenthümlichkeiten meistentheils aufgehoben, und man beurtheilt die drei Fälle =, *o*, *u* bei jedem Gebiete gleich gut. Es bleiben dann nur noch geringe Schwankungen, die ihren Ursprung möglicher Weise im Sinnesorgan haben.

Vergleichen wir die Ergebnisse der beiden Tabellen, so wird nicht viel hinzuzufügen sein. Die Abweichungen scheinen mir unerklärlich. Bei 8 Schwingungen wird = öfter *u* als *o* geschätzt und die ungleichen Töne werden öfter verwechselt als bei 4 Schwingungen. Da die Versuche in allen Fällen parallel durchgeführt wurden, so ist dieses Resultat beachtenswerth.

Es liegen freilich bei 8 Schwingungen nicht so viele Versuche vor als bei 4 Schwingungen. Uebrigens war der objective Unterschied den Zuhörern immer bekannt. Es wäre wohl zur Aufklärung dieser Verhältnisse wünschenswerth, Versuche mit wechselndem unbekanntem Unterschied anzustellen.

d) Uebung und Ermüdung.

Bei unsern Versuchen zeigt sich die Uebung in zwei Formen: als Uebung des Tonschätzens und als solche des Gedächtnisses. Wir sind geneigt die Empfindlichkeit für Töne auf ursprüngliche Anlagen zurückzuführen. Ein musikalisches Ohr, sagt man, muss angeboren sein.

Für das Gebiet der Musik ist vielleicht der Sinn dieses Satzes nicht ganz unrichtig. Die musikalischen Anlagen sind aber in keinem Fall mit der Empfindlichkeit für Töne zu verwechseln. Schärfe des Sehens und Empfänglichkeit für malerische und plastische Schönheit sind ja auch nicht identisch. Die Musik kennt keine so kleinen Unterschiede, wie sie bei derartiger Untersuchung angewandt werden. Wie sehr das Auffassen des Verhältnisses der Töne, d. h. der Tonintervalle, von der Uebung abhängt, hat Wundt schon gezeigt.[1]) Vielleicht in noch höherem Grade sind Unterschiedsempfindlichkeit und Tongedächtniss davon bedingt.

Den Gang der Uebung sieht man in Tabelle XI, welche die falschen Fälle dreier Gruppen, bei 4 Schwingungen Unterschied, zu mehreren Uebungsstadien zusammenfasst. Die Gruppen sind ohne besondere Auswahl, aber mit ungefähr 20 Stunden Uebung zwischen je dreien derselben beliebig herausgegriffen. Den Zeitintervallen nach sind die Versuche in vier Theile geordnet. Die Anzahl der Versuche, durch n bezeichnet, ist für = und *o u* separat angeführt. Zweifelhafte Fälle sind zu den falschen gerechnet worden.

Tabelle XI.

	B.		*P.*		*T.*		*W.*		*L.*		*F.*		*A.*	
	1, 2, 3, 4, 5 Secunden													
n =	= 35	*o u* 40	= 35	*o u* 40	= 35	*o u* 40	= 55	*o u* 110	= 55	*o u* 110	= 55	*o u* 110	= 55	*o u* 110
1	5	30	12	26	8	24	10	55	2	17	14	45	11	42
2	4	26	2	21	1	18	6	32	3	10	7	28	8	33
3	0	19	4	21	0	19	8	22	0	9	5	22		
4			2	16	1	15	4	20	2	5				
5							6	13						
6							5	10						
7							3	8						
8							2	5						
9							2	2						

1) Phys. Psych. I, S. 399.

	B.		*P.*		*T.*		*W.*		*L.*		*F.*		*A.*	
7, 10, 15 Secunden														
n=	= 21	*ou* 24	= 21	*ou* 24	= 21	*ou* 24	= 33	*ou* 66	= 33	*ou* 66	= 33	*ou* 66	= 33	*ou* 66
1	8	15	11	16	12	19	11	27	9	19	11	22	7	26
2	4	15	6	15	4	14	8	23	3	10	6	16	9	18
3	3	15	5	12	3	16	10	21	0	6	5	16		
4			4	11	3	12	5	20	5	10				
5							7	12						
6							6	6						
7							4	3						
8							0	5						
9							3	5						
20, 25, 30 Secunden														
1	12	21	13	14	14	15	10	35	12	26	16	30	16	34
2	9	21	10	14	12	10	10	30	6	16	8	18	11	23
3	3	17	9	18	10	10	9	26	7	13	7	18		
4			7	12	9	10	8	22	7	12				
5							5	18						
6							6	14						
7							3	9						
8							3	10						
9							3	8						
40, 50, 60 Secunden														
1							—	—	15	32	17	34	18	40
2							12	34	9	28	11	25	12	31
3							15	20	8	28	12	24		
4							9	26	9	24				
5							8	21						
6							7	18						
7							9	16						
8							5	15						
9							8	16						

Ohne Uebung hat *L.* allein mit einiger Sicherheit geschätzt, auch er hat diese nach 20 Secunden meistentheils verloren. In dem zweiten Stadium hat sich die Anzahl der Fehler bei kleinen Zeitintervallen bedeutend vermindert. Mit zunehmender Zwischenzeit wirkt die Uebung immer langsamer ein. Das dritte und die folgenden Stadien zeigen eine Zunahme der Sicherheit, welche aber immer langsamer

vor sich geht. Eine Grenze wird für die kürzeren Zeiten wahrscheinlich erst bei absoluter Sicherheit erreicht werden. Bei den längeren Zeiten schien *W.* die Grenze schon erreicht zu haben. Allein einige Versuche, noch später ausgeführt, bewiesen, dass dies doch nicht der Fall war. Eher möchte ich behaupten, eine solche Grenze werde (wenigstens für Unterschiede größer als 4 Schwingungen) erst dann erreicht, nachdem ein zureichendes absolutes Tongedächtniss erworben worden ist. Vermindern wir den Unterschied der Töne, so wird natürlich eine Grenze der Unterschiedsempfindlichkeit sowohl als auch des Gedächtnisses erreicht. Die Versuche an Ungeübten sowie die an Geübten mit langen Zwischenzeiten zeigen, dass nach dem Intervalle des schärfsten Auffassens das Gedächtniss zuerst sehr schnell und dann immer langsamer abnimmt; aber auch, dass auf das Schätzen bei langen Zeiten der Einfluss der Uebung später eintritt als bei kleineren Intervallen. Die individuellen Unterschiede sind im Anfang sehr groß, am größten aber bei kurzen Zeiten. Nach der Uebung werden dieselben immer kleiner und scheinen am größten bei den längeren Zeiten zu sein.

Das Verwechseln von *o* und *u* ist in dieser Tabelle nicht angegeben. Es sei deshalb bemerkt, dass ungeübte unmusikalische Beobachter bloß bei den tieferen Tönen im Stande sind *o* und *u* zu unterscheiden, und auch dann mit geringer Sicherheit. Wie schon erwähnt, sind für sie die hohen Töne *o*, die tiefen Töne *u*. Wenn man nach jedem Versuche das richtige Verhältniss angibt, so wirkt die Uebung äußerst schnell ein, bis die meisten Fälle richtig beurtheilt werden. Einige Umkehrungen kommen jedoch späterhin vor. Ich habe selbst das Stadium der absoluten Sicherheit in dieser Beziehung auch bei den mittleren Zeiten nicht sehr überschritten. Doch werden jetzt innerhalb der 300 Töne solche Verwechselungen bei Intervallen bis zu 20 Secunden nicht mehr vorkommen. Wenn erst nach mehreren Versuchen den Beobachtern mitgetheilt wird, wie die Töne sich objectiv verhielten, so wirkt die Uebung bei Unmusikalischen in dieser Beziehung sehr langsam.

Selbst musikalische Personen, die einen Unterschied von einem Bruchtheil einer Schwingung sicher bemerken, sind ohne besondere Uebung nicht im Stande *o* und *u* bei einem Unterschied von mehreren

Schwingungen sicher zu unterscheiden.[1]) Diese Thatsache zeigt, wie wenig die Uebung für die Unterscheidung kleiner Tonhöhenunterschiede mit der sonstigen musikalischen Uebung zusammenhängt. Ein Beispiel des umgekehrten Verhältnisses gibt die folgende Thatsache. Ich selbst bin außerordentlich unmusikalisch und habe eher stumpfes als feines Gehör Nach einigen Monaten Uebung konnte ich aber bei den kleinen Zeiten *o* und *u*, bei 4 und 8 Schwingungen, ziemlich genau unterscheiden, war dagegen bei 30—40 Schwingungen bei weitem nicht so sicher.

Ob die Fähigkeit, das Verhältniss zweier Töne richtig zu beurtheilen, durch die Uebung zu der gleichen Schärfe gebracht werden kann, mit welcher wir Tondifferenzen wahrnehmen, ist eine interessante, aber meines Wissens bis jetzt noch unentschiedene Frage. Bekanntlich ist das Gegentheil von den Meisten behauptet worden. Allein die Versuche, welche im Zusammenhang mit der allgemeinen Erfahrung diese Meinung unterstützen, sind vorzugsweise mittelst der Untersuchung der Unterschiedsempfindlichkeit durchgeführt worden. Auf das Verhältniss der Töne hat man dabei die Aufmerksamkeit weniger gelenkt. Noch wichtiger aber ist der Umstand, dass die Uebung nicht lange genug fortgesetzt wurde. Meine Versuche geben zwar über diese Frage keinen bestimmten Aufschluss. Doch sei im Vorbeigehen erwähnt, dass gegen Ende dieser Untersuchung bei den kurzen Zeiten die Unterschiede nicht immer empfunden, *o* und *u* aber niemals verwechselt worden sind. Diesen Resultaten entsprach mein subjectives Gefühl; in keinem Falle war ich auch im Mindesten unsicher zwischen *o* und *u*, sondern immer nur über die Frage, ob die Töne gleich oder ungleich seien. Der Zweifel lag also zwischen = und *o*, oder = und *u*.

In den letzten Wochen wurden einige Versuche bei noch längeren Zeitintervallen an *W.* angestellt, welche im Zusammenhang mit den vorhergehenden die Wirkung der Uebung auf das Gedächtniss noch deutlicher zeigen. Auf jedes Intervall kamen bloß 66 Versuche. Die Zeiten und Procente richtiger Fälle sind folgende:

Zeit =	2	15	30	50	75	90	105	120	150	180
r =	100	88	77	71	68	73	62	59	58	59

1) Vgl. Preyer, a. a. O. S. 37.

Wegen der kleinen Anzahl der Versuche wird man diese Resultate nur vergleichsweise betrachten dürfen. *W.* schätzt darnach bei 4 Schwingungen nach einigen Monaten Uebung genauer bei 3 Minuten Zwischenzeit als im Anfang bei 15 Secunden.

Ein constanter Einfluss der Ermüdung während der zwei Stunden, die wir an einem Tage zu arbeiten pflegten, war kaum zu constatiren. Höchstens an Ungeübten war dieser Einfluss bei längeren Zeitintervallen zu bemerken. Nicht selten fühlen sich die Zuhörer in der zweiten Stunde ermüdet, auch schätzen sie oft nicht ganz so gut. Der Unterschied ist aber bei den meisten Beobachtern durchschnittlich sehr klein und entspricht dem Gefühle gar nicht. Diese Thatsache ist dadurch erklärlich, dass während dieser kurzen Zeit eine vorübergehende Fertigkeit entwickelt wird, welche die Ermüdung zum Theil compensirt. Bei den kleineren Intervallen ist diese temporäre Einübung von größerem Einflusse als die Ermüdung. So schätzt man z. B. bei kurzen Zeiten genauer in der zweiten Stunde, bei längeren dagegen in der ersten Stunde. An eine Ermüdung des Gehörnerven während dieser Zeit ist kaum zu denken, da die einzelnen Töne bloß eine Secunde dauern, und das Ohr wie das Auge hauptsächlich nur durch dieselbe Empfindung rasch ermüdet wird. Mit wechselnder Qualität der Empfindung tritt die Ermüdung nur langsam ein.

Um die Ermüdung weiter zu untersuchen, machte ich im October vorigen Jahres mehrere Gruppen unmittelbar nach einander. Die zwölf so gewonnenen Gruppen nahmen 11 Stunden in Anspruch, von 8 Uhr Morgens bis 7 Uhr Abends mit 10 Minuten Pause um Mittag. Jede Gruppe enthielt 121 Versuche mit den bisher gebrauchten Zeitintervallen bis zu 30 Secunden. Die falschen Fälle der successiven Gruppen sind folgende:

20, 29, 23, 20, 32, 18, 28, 29, 16, 20, 27, 23.

Auf die erste Hälfte kommen also 142 falsche Fälle, auf die zweite 143. Die körperliche Ermüdung war peinlich; die Empfindlichkeit für Töne jedoch vielfach vergrößert. Im Anfang musste ich die Aufmerksamkeit sehr anstrengen; gegen Ende konnte ich dieselbe nicht erzwingen, das Schätzen aber schien fast mechanisch zu sein. Tabelle XII gibt die Anzahl der falschen Fälle, nach dem Tonverhältnisse, den Zeitintervallen und der Stellung der Gruppen geordnet.

Tabelle XII.

Zeit		1—10	15—30
=	Gruppen 1—6	35	28
	Gruppen 7—12	27	28
ou	Gruppen 1—6	48	31
	Gruppen 7—12	39	49

In den ersten 6 Gruppen kamen bis zu 10 Secunden 83 falsche Urtheile vor; in den zweiten 6 Gruppen 66. Von 15 bis 30 Secunden wurden in der ersten Hälfte 59 falsch geschätzt, in der zweiten 77. Bis zu 10 Secunden ist die Abnahme der falschen Fälle in den zweiten 6 Gruppen bei = und *ou* ungefähr dieselbe. Von 15 bis 30 Secunden fällt die Zunahme gänzlich auf die ungleichen Töne.

Lebenslauf.

Als Sohn des Lehrers J. V. Wolfe wurde ich, Harry Kirke Wolfe, am 10. November 1858 zu Bloomington, im Staate Illinois N. A., geboren. Bis zum siebenzehnten Jahre besuchte ich die öffentlichen Schulen und bekam noch besonderen Unterricht im Lateinischen und in der Mathematik von meinen Eltern. Nach einem Jahre in der Vorbereitungsschule, wurde ich im Herbst 1876 an der »University of Nebraska« aufgenommen. Im Sommer 1880 nach beendetem Cursus, mit erworbener Baccalaureuswürde, verließ ich die Universität und wirkte während der folgenden drei Jahre als Lehrer an den Staatsschulen. Auch in dieser Zeit hat das Studium der Philosophie und der griechischen Cultur mich beschäftigt. Um diese Studien weiter zu verfolgen reiste ich nach Deutschland und bezog zunächst zwei Semester lang die Universität Berlin, wo ich besonders die Herren Professoren Zeller, Kirchhoff und Curtius hörte, und kam dann nach Leipzig, wo ich hauptsächlich die Vorlesungen der Herren Professoren Wundt, Overbeck, Curtius und Lipsius gehört habe. Für die mir durch die Vorlesungen dieser Herren gewordene Anregung und im Besonderen noch Herrn Prof. Wundt spreche ich an dieser Stelle meinen herzlichsten und tiefgefühlten Dank aus.